

Säkerhetsförare på autonoma bussar

Uppmärksamhet och trötthet – en explorativ studie

Publik rapport



Författare: Anna Anund, My Weidel, Clara Berlin, Christer Ahlström

Datum: 20211015

Projekt inom Trafiksäkerhet och automatiserade fordon

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	4
2 Executive summary	5
3 Bakgrund.....	6
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	8
4.1 Syfte	8
4.2 Forskningsarena	8
4.3 Försökspersoner	9
4.4 Design	9
4.5 Datainsamling.....	10
4.6 Analys.....	11
5 Mål	15
6 Resultat och måluppfyllelse	15
6.1 Självrapporterad sömnhet (KSS).....	15
6.2 Blinkduration.....	16
6.3 Långa blinkningar	17
6.4 Hjärtfrekvens	18
6.5 Hjärtfrekvensvariabilitet.....	19
6.6 Uppmärksamhet.....	19
7 Diskussion och slutsats	22
8 Spridning och publicering	24
8.1 Kunskaps- och resultatspridning	24
8.2 Publikationer.....	24
9 Slutsatser och fortsatt forskning	25
10 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	25
11 Referenser.....	26
12 Bilaga 1	28

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Försöksverksamhet och studier med små autonoma bussar i tätort blir allt vanligare och i samband med ansökan om tillstånd att bedriva sådan verksamhet krävs en säkerhetsförare ombord som kan ta över kontrollen då fordonet inte klarar sin uppgift. Det innebär i praktiken att säkerhetsföraren är ytterst ansvarig för att resan bedrivs med hög säkerhet för resande och för omgivande trafikanter. Målet med denna studie har varit att studera säkerhetsförarens arbetsmiljö och i synnerhet möjligheter att i det automatiserade fordonet agera på ett för resenärer och omgivande trafikanter säkert sätt. Studien har genomförts i Linköping i nära samarbete med mobilitetsarenan ”Ride the future”. Totalt deltog 8 förare. Datainsamlingen har varit fokuserad på säkerhetsförarens vakenhet och uppmärksamhet. Studien var explorativ och förarna har inte manipulerats utan datainsamlingen har skett i samband med vanlig drift under vanliga arbetspass. Data samlades in under eftermiddagspassens första och sista timme. Resultaten från dessa har sedan jämförts. Förarnas vakenhet har mätts med självrapporterad sömnhet (KSS) och via blinkmått (blinkduration och långa blinkningar) samt hjärtfrekvensbaserade mått (hjärtfrekvensvariabilitet). Vidare har förarens ögonrörelser identifierats för att beskriva hur de söker av omgivningen under körning.

Resultaten visar totalt sett ingen skillnad i prestation under första och sista timmen på arbetspasset. En (1) förare hade höga nivåer av självrapporterad sömnhet under körningen. Föraren rapporterade högre nivåer första timmen jämfört med sista timmen på arbetspasset, men objektiva mått visade på högre sömnhet under sista timmen. Precis som för förare i allmänhet så förekommer stora individuella skillnader även hos säkerhetsförarna. Förarens uppmärksamhet visar på avvikelser mellan var man kan utgå från att förare behöver ha uppmärksamhet rent juridiskt och var de faktiskt fokuserar sin blick. Detta gäller framför allt uppmärksamheten bakåt, men även uppmärksamheten riktad till höger och vänster. Huruvida detta bero på att de uppmärksammat situationen via det perifera seendet eller inte går inte att avgöra. Vidare kan det noteras att i den buss där det finns en display som återger vad bussen identifierar så är uppmärksamheten riktad mot denna, sannolikt för att förare vill vara beredda på hårda inbromsningar. Detta tar bort uppmärksamhet från det man egentligen bör vara uppmärksam på.

Slutsatsen är att förare inte uppvisar en minskad vakenhet eller uppmärksamhet under ett arbetspass. En förare visade tecken på sömnhet, ett resultat som inte förvånar då det ofta finns individuella skillnader. Studien visar att förare inte har uppmärksamheten där man förväntas ha den. Framför allt är uppmärksamheten bakåt, men även till höger och vänster, lägre än förväntat. Om det påverkar förmågan att ingripa vid behov går inte att avgöra. Det kan dock noteras att oförutsägbara inbromsningar bidrar till att förarnas uppmärksamhet i den buss där en skärm visar vad som detekteras riktas mot denna, med konsekvensen en lägre uppmärksamhet mot mer relevanta områden. Precis som för bussförare i allmänhet är det viktigt att säkerhetsförare mår bra, är utvilade och väl förberedda inför arbetspassen.

2 Executive summary

Experimental activities and studies with small autonomous buses (shuttles) in urban areas are becoming more common. As of yet, a safety driver who can take over control when the vehicle does not fulfil its task is usually required. In practice, this means that the safety driver is ultimately responsible for ensuring that the journey is safe, both for passengers and for surrounding road users. The aim of the present study was to study the safety driver's work environment, with special focus on fatigue and inattention.

The study was conducted in Linköping in collaboration with the mobility arena "Ride the future". In total 8 drivers participated in the study. The study was exploratory, and the data collection was conducted in normal operation during normal work shifts. Data were collected during the first and last hour of an afternoon session. The results from these two sessions have then been compared. Drivers' alertness has been measured with self-reported drowsiness (KSS) and via blink measures (blink duration and long blinks) as well as heart rate-based measures (heart rate variability). Furthermore, drivers' eye movements have been identified to describe how drivers search the surroundings while driving. Overall, the results show no difference in performance during the first and last hour of the afternoon work shift. One (1) driver showed high levels of self-reported sleepiness while driving. The results show that there are large individual differences between safety drivers, just as there are individual differences between drivers in general. Drivers' attention shows discrepancies between where it can be assumed that drivers should pay attention and where they focus their gaze. This was primarily revealed by a lack of glances in the rear direction, but also by a lack of glances to the right and to the left. If this is because they have used peripheral vision to acquire this information cannot be determined. Furthermore, it can be noted that much attention was directed towards a display in the bus that shows what the bus knows about its surroundings, probably because drivers want to be prepared for possible hard braking. This diverts attention away from the outside of the bus.

The conclusion is that drivers do not show reduced alertness or attention during a work shift. One driver showed signs of sleepiness. This result that is not surprising as individual differences are common. The study shows that drivers do not direct their attention as expected. In particular, the safety drivers neglected to scan towards the rear of the shuttle in many situations. Many drivers also did not look to the left and to the right in situations where they were expected to do so. Whether this affects the ability to intervene cannot be determined. As for any driver, the well-being of safety drivers is important, especially in terms of being rested and well prepared for the work shifts.

3 Bakgrund

Bussförare i stadstrafik är en yrkesgrupp med utmanande arbetsuppgifter (Tse, Flin, & Mearns, 2006). Förutom belastningen som skiftarbete och långa körtimmar innebär (Gander et al., 2011) så lider bussförare ofta av mental överbelastning och utmattning från körning i komplexa stadsmiljöer (Makowiec-Dabrowska, Bortkiewicz, Siedlecka, & Gadzicka, 2011). En effekt av detta är bland annat trötthet och studier visar att 40% av bussförare i tätortstrafiken rapporterar att de får kämpa för att hålla sig vakna 2-4 ggr/ månad eller oftare när de kör buss (Anund, Fors, Ihlström, & Kecklund, 2018).

Orsaken till trötthet är mångfacetterad. En orsak är sömnhet som uppkommer vid sömnbrist, när man varit vaken för länge, eller vid sömnstörningar. En majoritet av forskningen inom förartrötthet har gjorts på just sömnhet. En viktig orsak till sömnhet hos förare är att de inte sover tillräckligt före körning. Det har till exempel visats att bara 50% av bussförare får de rekommenderade 7 timmarna med sömn före skiftet (Liendo et al., 2010). Även andra sömnrelaterade faktorer är signifikanta förutsägelser för sömnhet under körning, som att förare med högre poäng på fem olika sovindex från Karolinska Sleep Questionnaire, oftare förekommer bland de förare som måste kämpa för att hålla sig vakna under körning (Anund, Ihlström, Fors, Kecklund, & Filtner, 2016). Förarens hälsa är också kopplad till sömnstörning. Till exempel har sömnstörningen obstruktiv sömnapné (OSA) visat sig leda till ökad sömnhet bland bussförare (Kim & Kim, 2016). Trötthet är dock inte enbart en fråga om sömn och sömnhet. Trötthet kan också uppstå som en effekt av att något pågått för länge och då kan det vara både monotona uppgifter (understimulering) som mer kognitivt belastande uppgifter (överbelastning) (May & Baldwin, 2009). Med erfarenhet från sjöfart, flyg men även från tåg är det känt att förare har svårt att upprätthålla vakenhet och god uppmärksamhet i monotona situationer över lång tid (Ross, Kecklund, Anund, & Sallinen, 2017). Trötthet och ouppmärksamhet kan även uppstå om förare under en längre tid har verkat i en komplex miljö (Williamson et al., 2011).

Förare, oavsett trafikslag, har svårt att upprätthålla god uppmärksamhet och vakenhet i situationer där man under en längre tid behöver övervaka ett system utan att vara aktivt involverad (Young & Stanton, 2002), något som kan leda till säkerhetskritiska situationer (Ross et al., 2017). Att en operatör sitter och övervakar ett system är vanligt i industrin. I transportsektorn är det vanligt på kommandobryggan på fartyg, i flygledartorn, med flera. I takt med att automatiserade funktioner introduceras i bilar och bussar finns det farhågor att trötthetsproblematiken kommer att förvärras även här eftersom förarens roll ändras från att aktivt manövrera fordonet till att övervaka att det automatiserade fordonet fungerar som det ska.

Studier av små autonoma bussar i tätort blir allt vanligare och i samband med ansökan om tillstånd att bedriva sådan verksamhet, krävs en säkerhetsförare ombord som kan ta över kontrollen då fordonet inte klarar sin uppgift. Det innebär i praktiken att säkerhetsföraren är ytterst ansvarig för att resan bedrivs med hög säkerhet för resande och för omgivande trafikanter. I den riskanalys som görs i samband med tillståndsansökan är säkerhetsföraren ofta den enda tillgängliga åtgärden för att minska risker. Frågan som bör ställas är om dessa förare i den roll de nu får i de autonoma bussarna har möjlighet att upprätthålla en tillräckligt god vakenhet/uppmärksamhet under de förutsättningar som de förväntas arbeta i?

Internationellt används denna typ av små bussar flitigt i demonstrationssyfte, men det finns även lösningar som är i drift och då ofta i termer av first/last mile-lösningar i relativt avgränsade områden (first/last-mile lösningar är mobilitetsalternativ som tar resenären den första och sista biten utav en resa mellan start- och slutdestinationen, till exempel cykel mellan hemmet och tågstationen). Europeiska städer som Bryssel, Wien, Madrid, Oslo och Tampere ligger långt framme, likaså andra större internationella städer som Singapore och Dubai. Flera större universitet har även denna typ av transportlösning och till exempel har Curtin University i Australien under flera år bedrivit försöksverksamhet. En mängd studier har även gjorts i Sverige kring autonoma bussar i tätortsmiljö (Stockholm och Göteborg) och de pågår fortfarande i till exempel Barkaby, Lindholmen (LIMA) och Linköping (ELIN). I de flesta av dessa pågående initiativ är fokus på demonstration och på teknik, i några fall har man under senare tid även inkluderat mobilitetsperspektiv och hur denna typ av lösningar kan integreras med övriga mobilitetslösningar och kopplas till "Mobility as a Service"-koncept (MaaS). I samtliga fall finns fortfarande en förare ombord som en säkerhetsgaranti.

En säkerhetsförarens roll i ett autonomt fordon skiljer sig från en traditionell förarens roll. En stor del av köruppgiften är automatiserad och föraren frigörs alltså från uppgiften att manövrera bussen. Samtidigt förväntas föraren att med kort framförhållning läsa av, tolka och agera i säkerhetskritiska situationer. Trots det finns det, vad vi känner till, ingen studie som har belyst säkerhetsförarens möjligheter att agera enligt det som utlovats i händelse av en kritisk situation. Syftet med denna studie är att studera säkerhetsförarens arbetsmiljö och i synnerhet möjligheter att i det automatiserade fordonet agera på ett för resenärer och omgivande trafikanter säkert sätt, med fokus på vakenhet och uppmärksamhet. Resultaten kommer vara till nytta för att säkra att säkerhetsförare får rätt förutsättningar inför arbetspass och under arbetspass, men även för att ta fram riktlinjer för hur framtida stödsystem kan utvecklas så att interaktionen mellan förare och fordon i kritiska situationer blir säker.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

4.1 Syfte

Forskningsfrågan är hur trötthet på grund av monotoni (task related underload) eller överbelastning (task related overload) utvecklas över tid under ett arbetspass som säkerhetsförare i autonombuss. Erhållen kunskap har som syfte att bidra till vilken typ av stöd en förare behöver för att på ett säkert sätt vara kvar i loopen trots att förarens uppgift primärt är att övervaka systemen.

4.2 Forskningsarena

I Linköping har en satsning gjorts på en mobilitetsarena kallad ELIN. Detta är ett samarbete mellan åtta olika partners:

- *Linköpings universitet*
- *Statens Väg och Transportforskningsinstitut*
- *Linköpings kommun*
- *Akademiska hus*
- *Region Östergötland/AB Östgötatrafiken*
- *Mjärdevi Science Park*
- *Transdev Sverige AB*
- *RISE, Research Institutes of Sweden AB*

ELIN omfattar idag en operativ drift med två självkörande bussar i Linköping. I Mars 2020 invigdes satsningen och har, trots Covid-19, varit i operativ drift under 2021 (dock utan passagerare ombord).

Området som omfattas är runt Linköpings campus och det nya bostadsområdet Vallastaden som byggdes och färdigställdes inför Bomässan 2017. Bostadsområdet har ett fokus på att vara en hållbar, förtätad och smart stad där den privatägda bilen nedprioriterats till förmån för mer hållbara lösningar. Vallastaden ligger i närheten av Linköpings Universitetsområde, Mjärdevi Science park och med den närliggande handelsplatsen Djurgården, alla områden dit boende kan förväntas behöva transportera sig för arbete, studier och handel. Kollektivtrafikförsörjningen till och i området sker med hög turtäthet och färre hållplatser enligt ett stomlinjekoncept. I själva området finns framförallt en väl utbyggd infrastruktur för gång och cykeltrafik.

De två självkörande bussarna användas i daglig trafik för att tillhandahålla en lokal trafikförsörjning för transport av studenter, anställda vid LiU /myndigheter/företag i området och boende i Vallastaden. Fordonen utgör framför allt en last/first-mile lösning till befintliga stomlinjer. Transdev är operatör med ett 8 anställda säkerhetsförare ombord. Den operativa verksamheten omfattar såväl dag som kvällstid, vardagar och helger och är planerad att pågå till 2023.

Att övervaka en självkörande buss skiljer sig från att köra en konventionell buss genom att bussen har en förprogrammerad slinga där den kör, bussen genomför därför alla moment exakt likadant varje gång utan att föraren behöver agera. Exempelvis dockning vid busshållplats, utfart i korsning och passage vid parkerade fordon. Utöver att övervaka bussen så behöver föraren vid vissa tillfällen godkänna att bussen fortsätter köra, detta kan förekomma vid korsningar där bussen inte har företräde, cykelvägar där bussens sensorer har dålig sikt eller övergångsställen där någon passerar. Detta gör föraren genom att trycka på en knapp eller på GUI. Bussarna som använts har vissa skillnader. Exempelvis skiljer sig säkerhetszonerna mellan fordonen, en säkerhetszon är ett område som läses av med sensorer, om något okänt befinner sig i området stannar fordonet. Ju närmare fordonet sensorerna upptäcker det okända objektet desto snarare och hårdare stannar fordonet. Navya har större programmerade säkerhetszoner vid övergångsställen och utfarter vilket gör att bussen är känsligare och stannar lättare. På grund av sin känslighet har inte denna buss någon programmerad väjningsplikt vilket gör att säkerhetsföraren måste vara beredd att stanna fordonet om färdvägen inte är fri vid utfart i en korsning. EasyMiles säkerhetszoner är konstanta vilket innebär att bussen inte är mer känslig för personer som väntar vid ett övergångsställe än för en cykel vid väggkanten. Säkerhetsföraren måste ta över och stanna fordonet om en person vill korsa vägen vid övergångsstället. Denna buss har en programmerad väjningsplikt som godkänns under körning om färdvägen är fri. Om säkerhetsföraren missar att godkänna väjningsplikten stannar bussen innan den kommer ut i korsningen. På båda

bussarna måste föraren vara beredd att ingripa om något oplanerat händer. Båda bussarna är långsamt gående fordon och kör som snabbast i 13 kilometer i timmen på sträckan som använts i studien.



Figur 1 Navya (vänster) och EasyMile (höger) Navya

4.3 Försökspersoner

De 8 förare som arbetar som säkerhetsförare på de självkörande bussarna har förutom körkort för buss (D-körkort) och genomgången yrkeskompetensutbildning ("Yrkesförarkompetensbevis", YKB), även en specifik utbildning för att arbeta som säkerhetsförare ombord. De två fordonsleverantörerna (EasyMile och Navya) kräver dessa specifika utbildningar som har utvecklats av tillverkarna själva. Utbildningen omfattar fyra dagar där såväl teori som praktik ingår. När förarna inte arbetar som säkerhetsförare arbetar de som bussförare i stadstrafiken eller som spårvagnsförare.

Samtliga 8 säkerhetsförare har ingått i studien. Majoriteten av dem har rätt att köra båda fordonsslagen och vi har valt att fördela datainsamlingen så att körning med båda fordonen ingår. De har kört det fordon de är mest vana att köra. 5 förare körde EasyMile och 3 förare körde Navya. Deltagandet var frivilligt och förarna erhöll en ersättning på 500 kr för sin medverkan. Studien är godkänd av Etikprövningsmyndigheten Dnr 2020-04089.

Av bussförarna så var 7 män och 1 kvinna med en genomsnittlig ålder på 48 år. Den yngsta var 30 år gammal och den äldsta 58 år. De har arbetat som bussförare i genomsnitt 16,6 (6–30) år. Innan deltagandet i studien har förarna fört dagbok under tre dygn för att kartlägga sin sömn och vakenhet samt sina arbetstider. Natten innan datainsamlingen hade förarna sovit som minst 5 timmar och som mest 9 timmar. Och under de tre föregående dagarna hade de sovit som minst 4 timmar och 15 minuter och som mest 9 timmar. Det var 7 förare som uppgav att de i samma eller större utsträckning måste anstränga sig för att hålla sig vakna när de kör vanlig buss, jämfört med när de kör autonom buss. En förare uppger en ökad trötthet vid körning av autonom buss. Ingen person har svarat att den oftare än en gång i månaden har svårt att hålla sig vakna då den kör den autonoma bussen. Två förare uppgav att de varit nära att somna 2–4 gånger i veckan när de kör konventionell buss. Sex av förarna har uppgett att de i stort sett sover tillräckligt länge. Två förare har svarat att de får något otillräcklig sömn.

Förarna angav KSS vid läggdags och vid uppvaknande samt högsta KSS under sina arbetspass. Vid läggdags så varierade KSS-värdet mellan 3 och 9 ($M=6,9$, $SD=1,4$). KSS vid uppvaknandet varierade mellan 3 och 8. ($M=4$, $SD=1,3$). Under arbetspassen varierade högsta angivna KSS mellan 3 och 8 ($M=5,6$, $SD=1,9$).

4.4 Design

Ett eftermiddagspass börjar efter lunch och är ungefär åtta timmar långt (inräknat restid från Norrköping). Datainsamlingen i studien omfattar den första och den sista timmen på arbetspasset på eftermiddagen. Eftersom förarna hinner köra ca 3 varv på en timme så kommer $2 \times 3 = 6$ varv att ingå i analysen. De första tre varven inträffar någon gång mellan kl. 13.30-15.00 och de sista tre någon gång mellan kl. 16.30 – 18.00. Förarna får själva välja när de går på rast för att äta. Deras instruktion är att köra och ta raster på samma sätt som de brukar. Förberedelser inför datainsamlingen skedde vid VTI där även fordonen fysiskt har sitt garage. Dagen för datainsamlingen kom förarna till VTI något

tidigare än en vanlig arbetsdag (ca 30 minuter) för att ge tid för instruktion och förberedelser. Mätutrustningarna applicerades och självrapportering av sömnhet instruerades. I Figur 2 beskrivs de olika momenten som föraren har upplevt med avseende på förberedelser, vad som skett innan insamlingen började, vad som skedde i bussen och efter avslutad körning.



Figur 2 Procedur inför och under datainsamlingen.

4.5 Datainsamling

Datansamling är fokuserad på säkerhetsförarens vakenhet och uppmärksamhet. Studien är explorativ och förarens vakenhet eller uppmärksamhet har inte manipulerats utan datansamlingen har skett i samband med vanlig drift under vanliga arbetspass.

Förarnas hälsostatus och sömnstatus har mätts tre dagar innan datansamlingen med hjälp av standardiserade frågor. Förarnas subjektiva vakenhet har också mätts med en självrapporterad skala (Karolinska Sleepiness Scale, KSS), se Figur 3 (Åkerstedt & Gillberg, 1990). Vidare har förarnas vakenhet registrerats genom att mäta hjärtaktivitet (elektrokardiogram, EKG) och blinkaktivitet (elektrookulogram, EOG) med en fysiologisk mätutrustning (Vitaport 3, Temec Instruments BV, Nederländerna).

- 1 – extremt pigg
- 2 – mycket pigg
- 3 – pigg
- 4 – ganska pigg
- 5 – varken pigg eller sömning
- 6 – första tecknen på sömnhet - lätt sömning
- 7 – sömning men ej ansträngande vara vaken
- 8 – sömning och något ansträngande att vara vaken
- 9 – mycket sömning, mycket ansträngande att vara vaken, kämpar mot sömnen

Figur 3 Subjektiv skala för sömnhetsrapportering.

Hjärtats pulsslag har extraherats ur det uppmätta EKG:et enligt Afonso, Tompkins, Nguyen, and Luo (1999) och felaktiga detektioner har tagits bort enligt Karlsson, Hörnsten, Rydberg, and Wiklund

(2012). Baserat på pulsdetektionerna har sedan hjärtrytmen och hjärtrytmsvariabiliteten beräknats. Det finns många olika sätt att beräkna hjärtrytmsvariabilitet. Här har det mått som kallas RMSSD (root mean square of successive differences) använts eftersom det går att beräkna baserat på data i relativt korta tidsintervall (Laborde, Mosley, & Thayer, 2017). Både hjärtrytm och RMSSD har tagits fram i tidsintervall om 5 minuter, centrerat runt mitten på intervallet (icke-kausalt beräkning).

Blinkningar och dess längd har extraherats från EOG:et enligt James, Sharabaty, and Esteve (2008). Medelblinkduration och andel långa blinkningar (>150 ms) har beräknats i tidsintervall om 5 minuter, på samma sätt som för hjärtaktivitet.

Förarnas uppmärksamhet har mätts med ett kamerabaserat system (Pupil Invisible, Pupil Labs GmbH, Germany) som detekterar ögonrörelser. I en sparad film kan man sedan analysera vad förarna har tittat på, se Figur 4. För ett antal platser (se Tabell 1) har varje blick kodats baserat på riktning och relevans. Riktningarna/objekten som kodats är framåt, bakåt, höger, vänster, bussens gränssnitt (GUI), kommunikationsutrustning och annat. För varje blick har vi även kodat om den är nödvändig, användbar eller irrelevant för körningen. Indelningen har gjorts enligt uppmärksamhetsteorin Minimum Required Attention (Kircher & Ahlström, 2017).



Figur 4 Kamerabaserat ögonrörelsesystem och elektrodapplicering.

4.6 Analys

Säkerhetsförarnas utvecklande av trötthet har analyserats med variansanalyser. Förklarande faktorer har varit tid man kört (medelvärde var 5:e minut (1-12)) och om det var första eller sista delen av arbetspasset (1-2). I modellen ingick interaktionstermer för försöksperson och körning, samt för körning och tid man kört.

Vakenhet

Beroendemåtten för vilka effekter på vakenhet förväntades var:

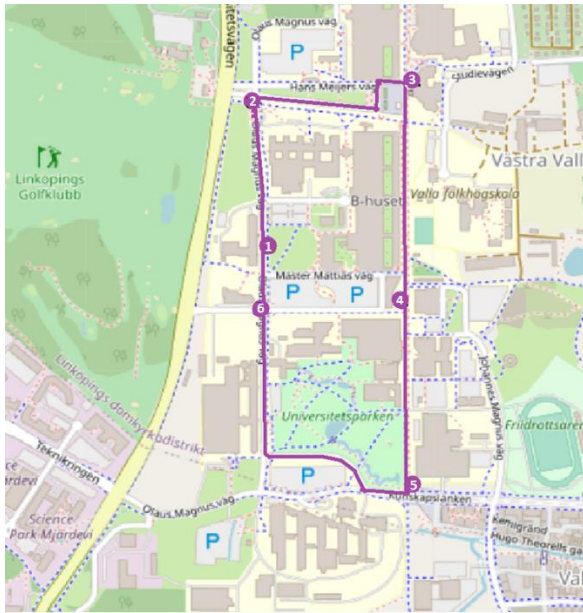
- KSS: medelvärde var femte minut
- Blinkduration: glidande medelvärde var femte minut.
- Långa blinkningar >150 ms: glidande medelvärde var femte minut.
- Hjärtfrekvensvariabilitet – RMSSD: glidande medelvärde och sd var femte minut.

Vidare har förarnas självrapporterade uppfattning efter körning om sin prestation i relation till trötthet analyserats.

Uppmärksamhet

Deskriptiv analys av blickar och dess längd, indelat i blickriktning/område samt om blicken bedömts vara nödvändig, användbara eller irrelevant. Detta inkluderar inte bara objekt som föraren tittat på, utan även andelen nödvändiga riktningar/objekt som föraren inte har tittat på.

Analysen av uppmärksamhet utgår från var man har haft blicken under framförandet av bussen. Ett urval av typiska situationer har identifierats och kopplats till var på rutten de finns. Sammanlagt ingår 6 geografiska platser för vilka analysen har skett, se Figur 5.



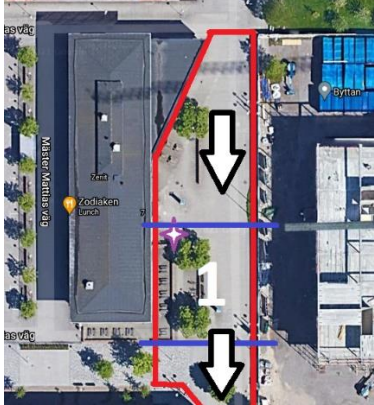
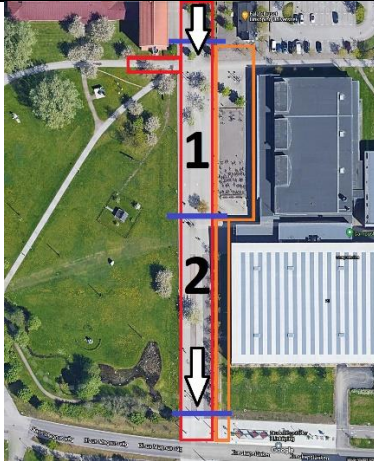
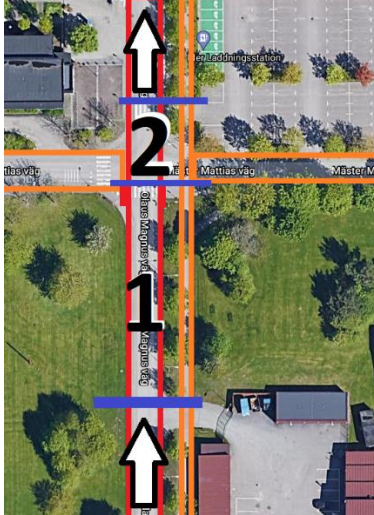
Figur 5 Karta som beskriver de geografiska platser där blickriktning mäts.

Platserna omfattar såväl konventionella busshållplatser (på trottoar, med väntkur i glas) som okonventionella busshållplatser (busshållplats med bara skylt). För vissa platser har det geografiska området delats in i zoner då det i området skiftar i vilken riktning fordonet är på väg och vilka krav som finns.

I kartan i Figur 5 har platserna benämnts 1–6, detaljer kring var de återfinns och hur de analyserats återfinns i Tabell 1. Området vid var och en av de 6 platserna har markerats i zoner beroende på fordonets riktning. Riktningar (framåt, bakåt, höger, vänster) där det är nödvändigt att hämta information har fördefinierats per zon. Det är till exempel viktigt att föraren håller uppsikt framåt i färdriktningen samt bakåt, dels innan bussen kör ut från en hållplats, dels under färd eftersom trafik som kommer bakifrån och kör för nära bussen kan bli ett problem ifall bussen bromsar kraftigt. Fordon bakom bussen kan även orsaka kraftiga inbromsningar vid omkörningar då de kör in för snävt framför eller rör upp samt som fordonet reagerar på. God uppsikt bakåt är därför viktigt för förarens och passagerarnas säkerhet eftersom inbromsningarna kan göra så att man tappar balansen och ramlar. I många zoner är det också viktigt att hålla uppsikt åt höger och vänster då det kan komma trafikanter därifrån samt höger vid busshållplatser eftersom eventuella påstigande passagerare kan stå där. I de fall bussen har väjningsplikt är det nödvändigt att föraren har uppsikt i alla de riktningar andra fordon kan komma från. Dessa riktningar är därför klassade som nödvändiga blickriktningar. Väjningsplikt innebär att bussen stannar innan korsningen om föraren inte godkänner att ingenting finns i vägen. För bussen EasyMile innebär väjningsplikt att bussen stannar innan föraren kan godkänna utfarten medan den andra bussen, Navya, bara stannar om något befinner sig i säkerhetszonen.

Tabell 1 Platserna och var det bedömts som nödvändigt (röd markering) eller användbart (orange markering) att ha uppmärksamheten riktad.

Plats	Beskrivning	Foto
1	<p>Zon 1. Dockning vid konventionell busshållplats. <i>Nödvändiga:</i> framåt, bakåt, höger på busshållplatsen <i>Användbara:</i> Området runt busshållplatsen.</p> <p>Ca 18 sekunder</p>	
2	<p>Zon 1. Utfart från konventionell hållplats, övergångsställe. <i>Nödvändiga:</i> framåt inkl. övergångsstället, bakåt, höger på busshållplatsen. <i>Användbara:</i> höger, vänster på cykelvägen</p> <p>Zon 2. Väjningsplikt, högersväng. <i>Nödvändiga:</i> framåt, höger, vänster <i>Användbara:</i> framåt (cykelvägen)</p> <p>Zon 3. Högersväng, korsande cykelbana, bilar parkerade på vägen. <i>Nödvändiga:</i> framåt, bakåt <i>Användbara:</i> höger, vänster på cykelvägen</p> <p>Ca 38 sekunder</p>	
3	<p>Zon 1. Korsande av öppen plats på Campus samt utfart på Corson, universitetets största genomfart för gångare och cyklister. <i>Nödvändiga:</i> framåt, höger, vänster. <i>Användbara:</i> höger, bakåt</p> <p>Ca 22 sekunder</p>	

<p>4</p>	<p>Zon 1. Utfart från okonventionell busshållplats på öppen plats. <i>Nödvändiga:</i> framåt, bakåt, höger, vänster.</p> <p>Ca 18 sekunder</p>	
<p>5</p>	<p>Zon 1. Utfart från okonventionell busshållplats samt väjningsplikt vid cykelväg för EasyMile. <i>Nödvändiga:</i> framåt, bakåt, höger (cykelvägen). <i>Användbara:</i> vänster.</p> <p>Zon 2. Dockning vid busshållplats. <i>Nödvändiga:</i> Framåt, bakåt, höger (busshållplatsen).</p> <p>Ca 90 sekunder</p>	
<p>6</p>	<p>Zon1. Raksträcka med övergångsställe 1. <i>Nödvändiga:</i> Framåt (inklusive övergångsstället), bakåt. <i>Användbara:</i> Framåt, höger (på cykelvägen och i korsningen), vänster (på vägen)</p> <p>Zon 2. Huvudled med påfarter. Övergångsställe 2. <i>Nödvändiga:</i> Framåt bakåt <i>Användbara:</i> Höger, vänster (övergångsstället).</p> <p>Ca 28 sekunder</p>	

5 Mål

Målet med studien var att studera effekten på säkerhetsförarens vakenhet och uppmärksamhet under ett arbetspass i en automatiserad elektrifierad buss som trafikerar ett urbant område i daglig trafik.

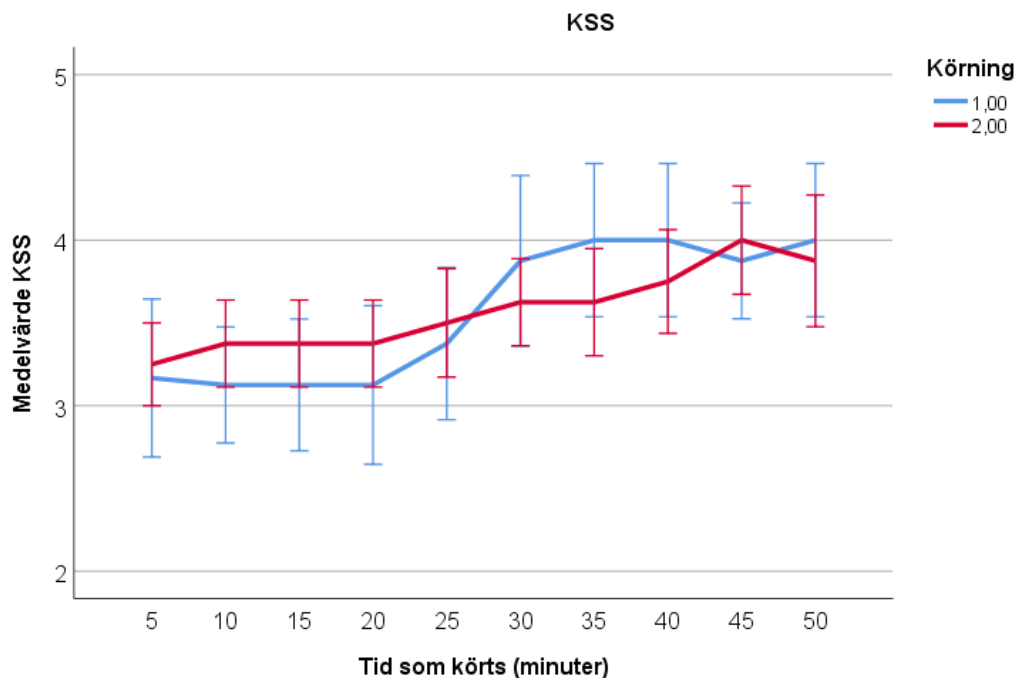
6 Resultat och måluppfyllelse

6.1 Självrapporterad sömnhet (KSS)

Förarna självrapporterade sin upplevda sömnhet de senaste 5 minuterna. Högst rapportering var KSS 7 (sömnig men ej ansträngande att vara vaken) och lägst var 2 (mycket pigg), se Figur 6.

Det fanns ingen signifikant effekt mellan körning 1 (KSS 3,65; sd 0,044) och körning 2 (KSS 3,66; sd 0,043) ($F_{(df\ 1;7)}=0,005$; $p=0,948$). Det fanns en signifikant effekt av tid man kört ($F_{(df\ 12;154)}=11,17$; $p<0,01$) och en signifikant interaktion mellan försöksperson och körning ($F_{(df\ 12;154)}=30,61$; $p<0,01$).

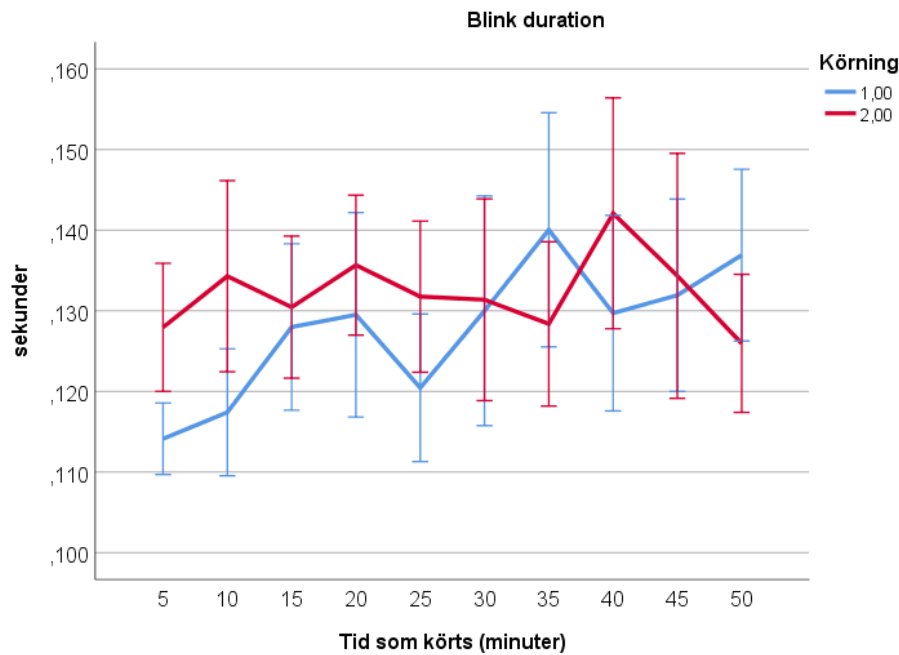
Det fanns ingen signifikant effekt av försökspersoner ($F_{(df\ 7;154)}=3,31$; $p=0,068$) och inte heller mellan tid man kört och körning ($F_{(df\ 12;154)}=1,609$; $p=0,12$; $p<0,01$).



Figur 6 KSS rapporterat som ett genomsnitt var 5e minut för körning 1 och körning 2. Felstaplar är 1 SE.

6.2 Blinkduration

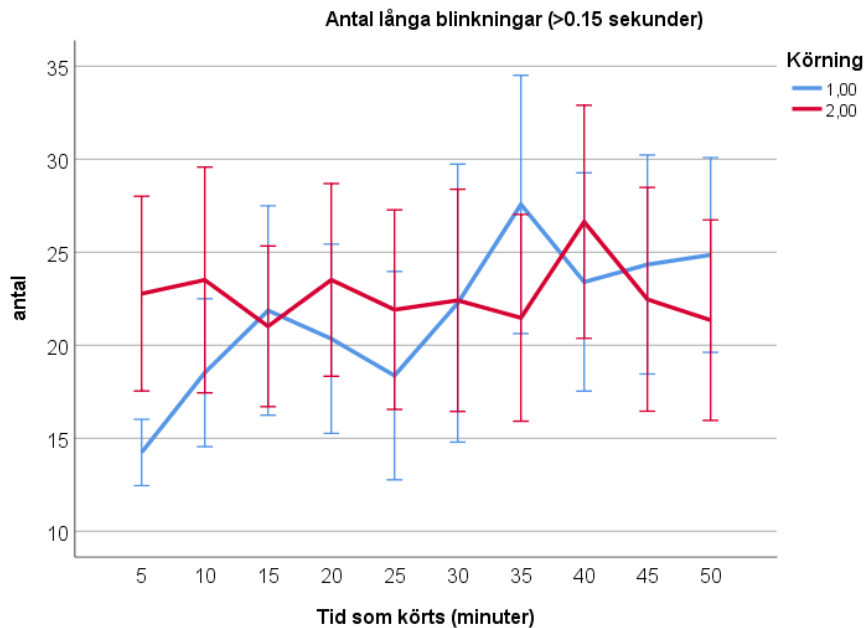
Det fanns ingen signifikant effekt mellan körning 1 (blink dur. 0,128 sek; sd 0,001) och körning 2 (blinkduration 0,132; sd 0,001) ($F_{(df\ 1;6)}=0,787$; $p=0,409$), se Figur 7. Det fanns en signifikant effekt mellan försökspersoner ($F_{(df\ 6;6)}=15,96$; $p=0,002$) och en effekt för tid man kört ($F_{(df\ 9;108)}=2,036$; $p=0,042$). Vidare fanns det en signifikant interaktion mellan körning och tid man kört ($F_{(df\ 9;108)}=2,395$; $p=0,016$) och för körning och försöksperson ($F_{(df\ 6; 108)}=6,138$; $p<0,001$).



Figur 7 Blinkduration (sekunder), glidande medelvärde per 5 minuter. Felstaplar är 1 SE.

6.3 Långa blinkningar

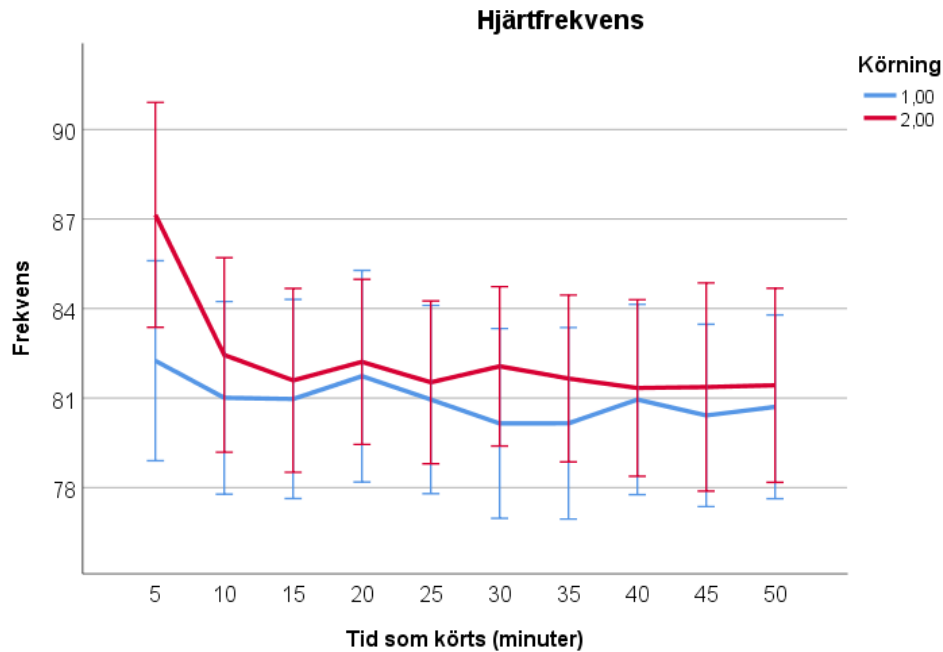
Det fanns ingen signifikant effekt mellan körning 1 (antal långa blinkningar 21.6; sd 0.63) och körning 2 (antal långa blinkningar 22.7; sd 0,63) ($F_{(df\ 1;6)}=0,782$; $p=0,411$), se Figur 8. Det fanns en signifikant effekt mellan försökspersoner ($F_{(df\ 6;6)}=65,87$; $p<0,001$) och en effekt för tid man kört ($F_{(df\ 9;108)}=1,97$; $p=0,05$). Vidare fanns det en signifikant interaktion mellan körning och tid man kört ($F_{(df\ 9;108)}=2,38$; $p=0,017$). Det fanns dock ingen signifikant effekt för körning och försöksperson ($F_{(df\ 6;108)}=2,039$; $p<0,07$).



Figur 8 Antal långa blinkningar, glidande medelvärde per 5 minut. Felstaplar är 1 SE.

6.4 Hjärtfrekvens

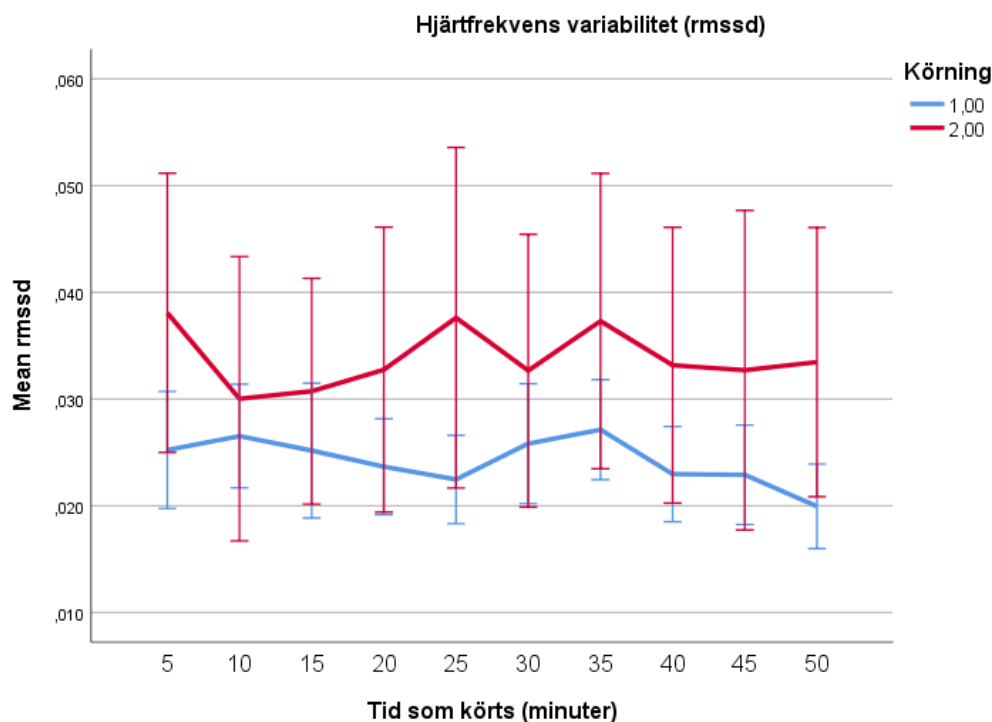
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan körning 1 (hjärtfrekvens 80,93; sd 0,284) och körning 2 (hjärtfrekvens 82,28; sd 0,303) ($F_{(df\ 1;6)}=0,782$; $p=0,411$), se Figur 9. Det fanns en signifikant effekt mellan försökspersoner ($F_{(df\ 7;6)}=5,387$; $p=0,029$) och en effekt för tid man kört ($F_{(df\ 6;117)}=3,01$; $p=0,003$). Det fanns även en signifikant effekt för interaktionen körning och försöksperson ($F_{(df\ 6;117)}=32,43$; $p<0,001$). Det fanns dock ingen interaktion mellan körning och tid man kört ($F_{(df\ 9,117)}=1,04$; $p=0,409$).



Figur 9 Hjärtfrekvens, glidande medelvärde för 5 minuter. Felstaplar är 1 SE.

6.5 Hjärtfrekvensvariabilitet

Det fanns ingen signifikant effekt mellan körning 1 (hjärtfrekvensvariabilitet 0,034; sd 0,01) och körning 2 (hjärtfrekvensvariabilitet 0,034; sd 0,01) ($F_{(df\ 1;6)}=1,058$; $p=0,343$), se Figur 10. Inte heller någon effekt mellan försökspersoner var signifikant ($F_{(df\ 7;6)}=2,452$; $p=0,147$) eller för tid man kört ($F_{(df\ 9;117)}=1,029$; $p=0,421$), eller för interaktion mellan körning och tid man kört ($F_{(df\ 9, 117)}=1,03$; $p=0,421$). Det fanns dock en signifikant effekt för interaktionen körning och försöksperson ($F_{(df\ 6, 117)}=75,31$; $p<0,001$).

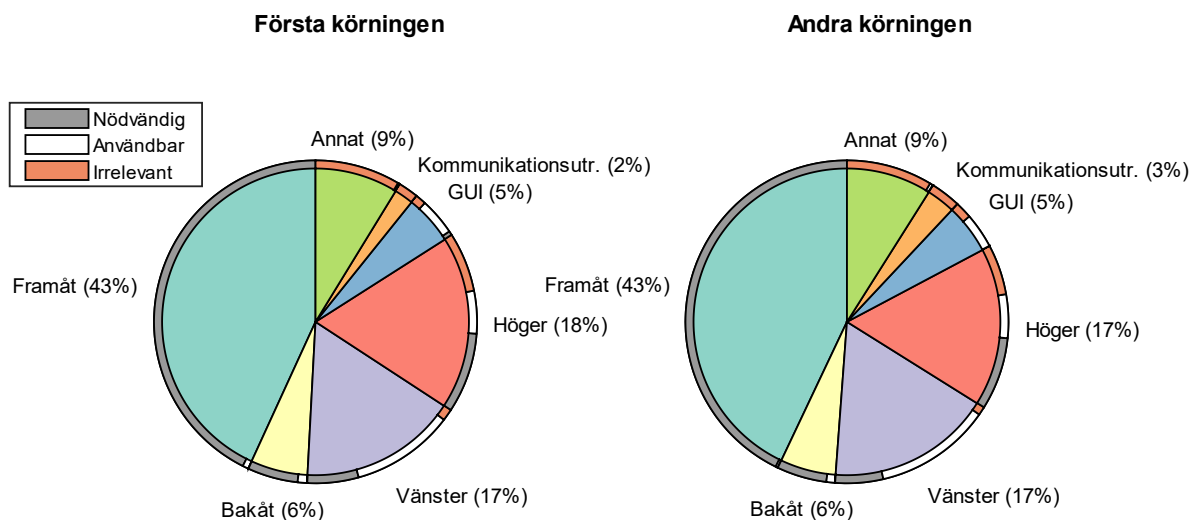


Figur 10 Hjärtfrekvensvariabilitet (RMSSD). Felstaplar är 1 SE.

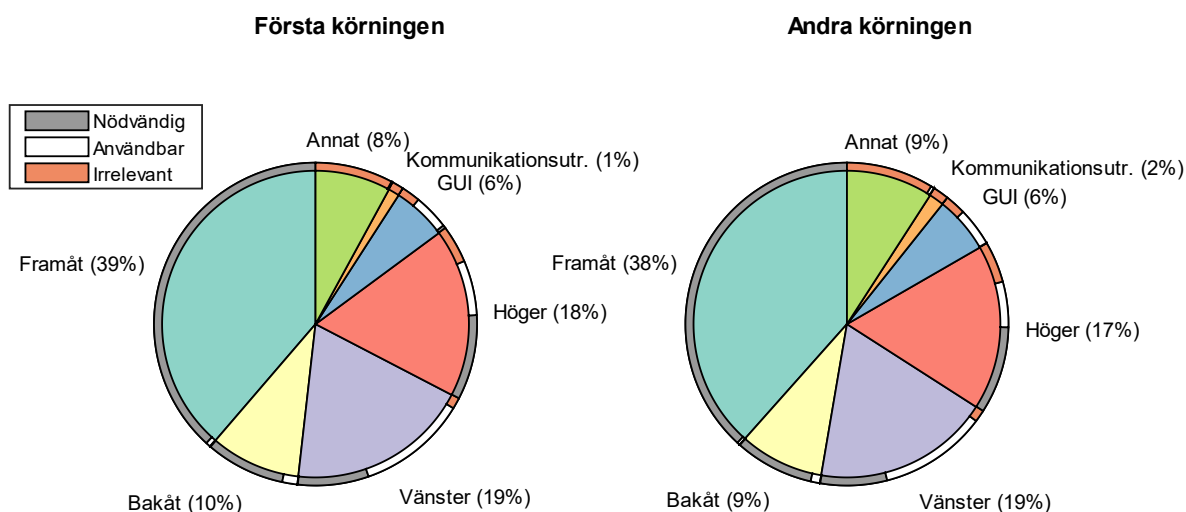
6.6 Uppmärksamhet

Förarna fördelade sina blickar på i princip samma sätt i första och andra körningen, se Figur 11. Fördelning av blickar mot olika riktningar/objekt, indelat i om blicken anses nödvändig, användbar eller irrelevant för framförandet av bussen.

och Figur 12. Knappt 40% av blickarna riktades framåt, vilket motsvarar 43% av tiden. Ungefär 10% av blickarna riktades bakåt, 20% åt vänster och knappt 20% åt höger. Förarna tittade även på mobil kommunikationsutrustning under 2–3 % av tiden, på bussens gränssnitt (GUI) under 5 % av tiden, samt på annat under 9% av tiden. Tabell 2 visar andelen tid som föraren tittar i olika riktningar, uppdelat enligt platserna och zonerna som definierades i Tabell 1. Förarna tittar mycket på bussens GUI på plats 2, zon 2, uppemot 10% av tiden, vilket kan bero på att föraren använder gränssnittet för att godkänna att bussen kör vidare just där. Man kan också se att förarna lägger ungefär 10% av sin tid på att interagera med mobil kommunikationsutrustning på plats 1. Att förarna tittar mycket på mobil kommunikationsutrustning på just plats 1, men knappt alls på övriga platser, pekar på att komplexiteten i köruppgiften är enklare där, och att det därmed finns tid över där (visual spare capacity).



Figur 11 Fördelning av blickar mot olika riktningar/objekt, indelat i om blicken anses nödvändig, användbar eller irrelevant för framförandet av bussen.



Figur 12 Fördelning av andelen tid som föraren tittar i olika riktningar/objekt, indelat i om blicken anses nödvändig, användbar eller irrelevant för framförandet av bussen.

Tabell 2 Andel tid som föraren tittar i olika riktningar/objekt, indelat per plats och zon samt första och andra körningen. Bakgrundsfärgen används som avgränsare och har ingen egentlig betydelse.

Event	Körning Zon	Framåt		Bakåt		Vänster		Höger		GUI		Komm.utr.		Annat	
		1:a	2:a	1:a	2:a	1:a	2:a	1:a	2:a	1:a	2:a	1:a	2:a	1:a	2:a
1	1	34%	39%	4%	8%	8%	1%	27%	27%	5%	2%	11%	8%	10%	14%
2	1	17%	27%	12%	11%	27%	15%	24%	22%	10%	15%	1%	3%	8%	8%
2	2	29%	28%	3%	5%	17%	15%	37%	39%	11%	9%	1%	2%	4%	3%
2	3	60%	44%	2%	6%	8%	7%	11%	21%	7%	5%	0%	2%	12%	15%
3	1	45%	52%	10%	7%	20%	20%	12%	10%	8%	6%	2%	0%	3%	4%
4	1	60%	47%	9%	8%	11%	21%	7%	6%	5%	2%	0%	1%	9%	15%
5	1	35%	41%	7%	3%	23%	24%	21%	15%	6%	7%	0%	4%	7%	5%
5	2	49%	50%	3%	6%	16%	22%	16%	11%	2%	2%	1%	0%	12%	10%
6	1	44%	39%	5%	3%	18%	18%	20%	19%	2%	6%	1%	7%	9%	8%
6	2	59%	45%	4%	2%	9%	8%	18%	32%	3%	3%	0%	3%	8%	7%

De riktningar, per plats och zon, som anses nödvändiga för att föraren ska ha bra uppsikt runt bussen har jämförts med förarens blickriktning, se Tabell 3. Genomgående för alla platser är att förarna ofta inte tittar bakåt. De tittar inte heller åt vänster i omkring 20% av passagerarna, eller åt höger i ungefär 40% av passagerarna.

Tabell 3 Andel passager där föraren **inte** tittar i de riktningar som anses innehålla nödvändig information, indelat per plats och zon samt första och andra körningen. Tomma rutor representerar blickriktningar som föraren inte behöver titta i. Bakgrundsfärgen används som avgränsare och har ingen egentlig betydelse.

Event	Körning Zon	Framåt		Bakåt		Vänster		Höger	
		1:a	2:a	1:a	2:a	1:a	2:a	1:a	2:a
1	1	4%	0%	83%	88%			26%	33%
2	1	4%	4%	43%	33%			39%	17%
2	2	13%	21%	78%	79%	22%	38%	43%	25%
2	3	0%	0%	79%	67%				
3	1	0%	0%			21%	13%	58%	63%
4	1	0%	0%	38%	38%	19%	14%	52%	48%
5	1	0%	0%	27%	42%			23%	21%
5	2	0%	0%	36%	30%			41%	48%
6	1	0%	0%	72%	65%				
6	2	6%	6%	88%	94%				

7 Diskussion och slutsats

Studien visar att säkerhetsförarna som ingick i studien generellt sett har en god vakenhet uttryckt i såväl objektiva som subjektiva mått och att det inte är någon större skillnad i vakenhet eller uppmärksamhet under första timmen på arbetspasset jämfört med sista timmen. Det finns dock enskilda individer som avviker från detta. En person rapporterar avsevärt högre KSS-värden i synnerhet under första körningen men även under andra körningen även om det är lägre nivåer under andra körningen. Det går dock inte att se att den föraren har lägre sömnhet mätt i objektiva mått, som blinkduration och långa blinkningar. Detta kan tolkas som att föraren underskattar sin sömnhet under andra passet, vilket kan öka risken för en sämre beredskap om något skulle hända och föraren behöver ingripa. Orsaken till den ökade tröttheten kan sannolikt förklaras med långa och krävande arbetspass dagarna innan datainsamlingen. Att det finns stora individskillnader i hur trötthet utvecklas är känt sedan tidigare (Van Dongen, Vitellaro, & Dinges, 2005), detta gäller även i situationer med fokus på trötthet som är mer kopplat till att ha för lite eller för mycket att göra än till biologisk sömnhet.

För hjärtfrekvens (HR) visade en individ avvikande data med högre HR under körning 1. Orsaken till detta är inte känd. Mått baserade på mätningar av hjärtat är känsliga för yttre påverkan och det kan räcka med en annan temperatur i kupén eller att andra yttre förhållanden förändras för att ge en förändring. För hjärtfrekvensvariabilitet (HRV) var det en person (inte samma som för HR) med avvikande data i form av högre HRV under andra körningen, vilket indikerar avslappning eller vila. Vad orsaken till detta är går inte att förklara. Även här kan yttre förutsättningar ha spelat en avgörande roll.

Resultaten visar på vikten av att säkra att de förare som verkar som säkerhetsförare är väl förberedda för att undvika trötthet under arbetet. Detta är inte nytt utan är välkänt från tidigare studier av bussförare i staden (Anund, Ihlström, Kecklund, Fors, & Filtness, 2017; Filtness et al., 2019; Tse et al., 2006). Schemaläggning, vila och återhämtning är viktiga faktorer att väga in även för operatörer på autonoma bussar för att erbjuda bästa förutsättningar för en säker verksamhet.

Synfältet kan delas in i det foveala seendet där man ser skarpt och det perifera seendet som täcker resten av synfältet. Enkelt uttryckt kan man säga att en människa ser skarpt på en yta som motsvarar tumnagelns yta på armlängds avstånd. Utanför det området avtar skärpan och ute i periferin är det svårt att se detaljer, speciellt när flera objekt ligger nära varandra. Det är dock en myt att periferiseendet är en suddig representation av det foveala seendet. I själva verket fyller periferiseendet en viktig funktion när man skapar en översiktsbild av omgivningen, för att uppfatta rörelser, och för att avgöra vart blicken ska riktas närmast (Wolfe, Sawyer, & Rosenholtz, 2020). Ett kamerabaserat system för att mäta ögonrörelser kan bara mäta blickriktning, alltså var det foveala seendet riktas. Man kan därför inte säga att en förare inte tagit hänsyn till information från en viss riktning, bara för att blicken inte varit riktad däråt.

När det gäller förarnas blickbeteende så visar resultaten (Tabell 3) att förarna ofta inte tittar till höger och vänster i situationer som anses nödvändiga för framförandet av bussen. Det går dock inte säga att de inte tagit till sig information från dessa riktningar, det skulle troligen gå att förklara med att tillräcklig information har inhämtas via periferiseendet. Detta kräver ytterligare forskning. Något förvånande är det stora antalet uteblivna blickar bakåt. Anledningen till detta är inte känt. En förklaring kan vara att säkerhetsförarna inte vänt sig om för att undersöka om något är bakom fordonet, och att speglarna täckts in med perifera seendet. En annan förklaring kan vara att de inte anser att de behöver titta bakåt, vilket kan signalera en övertro på fordonets kapacitet.

På plats 2 som innebär utfart från en hållplats samt utfart på en större väg har samtliga förare för fordonet EasyMile i samband med att det svänger tittat på det GUI som visar kartan med vad som detekteras i fordonets nära omgivning (heat map). Vid detta event inträffar ofta hårda inbromsningar på grund av gräs som blivit för högt och växer bredvid vägen. Genom att se gräset i förväg på kartan kan föraren välja att sakta ner fordonet och på så sätt undvika ett kraftigt stopp. När bussen har en lägre hastighet minskar också bussens säkerhetszoner. Även andra fordon som rör sig i trafiken syns på kartan. Förarna använder dock inte gui/karta/heat map för att se fordon som rör sig runt bussen eftersom uppdateringen är för långsam samt att de inte kan se fordonet på långt avstånd.

Eftersom GUI används olika på de två fordonen har vi valt att inte kategorisera GUI som nödvändigt att titta på, detta trots att det inte går att framföra fordonet EasyMile utan att klicka på GUI för att acceptera väjningsplikter och utfarter. Förarna behöver dock inte alltid se själva GUI:t för att klicka utan klarar denna process på rutin. På Navya används GUI inte för att framföra fordonet utan endast för att kontrollera karta/heat map/gui eller åtgärda stopp. Detta kan innebära att de förare som körde Navya har lättare än förare som kör EasyMile att hålla uppmärksamheten på situationen runt bussen då det blir ett moment mindre att kontrollera i bussen. Att fordonen har olika lösningar kan även bidra till en viss grad av förvirring och risken finns att förare inte får rutin på hur man bäst bör framföra en buss. Det kan även noteras att förarna till viss del under körning har uppmärksamheten på kommunikationsutrustningen, vanligtvis används den inte för körrelevanta uppgifter.

Datainsamlingarna med de olika förarna är gjorda över en månads tid. Det innebär att datainsamlingen med vissa förare skedde under tentamens-perioden i slutet av maj medan andra fick köra efter att semesterperioden börjat. Beroende på klockslag så ser trafiken på Campus olika ut. Vid första körningen, som är strax efter lunch, så är vägen genom Campus (så kallade Corson) mer trafikerad än vid den andra delen av körningen. Vid platsen för event 5 har ett gym hållit träning utomhus sent på eftermiddagarna. Att titta på de som tränar är kategoriserat som irrelevant då de inte kan orsaka några problem för bussens framfart. Trots detta väljer många förare att titta på de som tränar. Troligtvis eftersom de är de enda människor som är i rörelse. Detta är dock inte ett problem eftersom bussen åker så pass långsamt och föraren samtidigt har möjlighet att hålla uppsyn ifall en cyklist skulle passera.

Att analysera uppmärksamhet utifrån blickbeteende är en förenkling av komplexiteten kring var en säkerhetsförare har sin uppmärksamhet. Det går att avgöra var man har blicken, men inte vad man sett. Detta bör vara med i beaktandet. Vidare är det viktigt att komma ihåg att filmsekvenserna som analyserats är baserade på positionering och inte på tid, ett faktum som gör att förarna har olika lång tid på sig att genomföra momenten. Detta skulle kunna påverka huruvida exempelvis hur många gånger de hinner byta blickriktning på en viss sträcka.

Sammantaget kan vi konstatera att vi med denna studie kan säga att de 8 förare som ingått i studien har generellt en god vakenhet och uppmärksamhet, men att det finns individer med risk för bekymmer. Som alltid är det viktigt att ha god koll på att förare är väl förberedda och mår bra.

När det gäller uppmärksamheten så kan vi notera att säkerhetsförarnas blickbeteende avviker från det som i förväg definierats som nödvändigt. De har en avsevärt lägre uppmärksamhet bakåt än vad som förväntats, men även en lägre uppmärksamhet åt höger och vänster än vad som i förväg definierats som nödvändig. Vad detta beror på är svårt att avgöra. Det kan bero på nödvändigheten att ha uppmärksamhet framåt för att vara förberedd på inbromsningar, men det kan även handla om att man via det perifera seendet har noterat om det finns objekt att ta hänsyn till, framför allt när det gäller till höger och vänster.

Även om arbetet med att hitta lösningar där föraren ersätts av olika fjärrlösningar är högt prioriterat ("control tower" eller "remote control") så kommer det dröja innan så är fallet. I väntan på det är det viktigt att stötta förarna så de har en god hälsa, uppmärksamhet och vakenhet. Ett steg i detta är att minimera ej önskvärda inbromsningar med fördelen att uppmärksamheten då kan användas för andra, mer relevanta avsökningsbeteenden.

8 Spridning och publicering

8.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Vi vet tack vare studien mer kring säkerhetsförarnas vardag och noterar att utvecklandet av trötthet under ett arbetspass på eftermiddagen inte är alarmerande, men att förare som alltid bör må bra och vara väl förberedda inför ett arbetspass. Förarnas uppmärksamhet är annorlunda jämfört med hur vi i förväg utgick ifrån att de skulle fokusera. De tittar mer sällan bakåt, till höger och till vänster än vad som i förväg ansågs relevant. Vidare har de blicken mer på den skärm (i en av bussarna) där man erhåller information om eventuell risk för hård inbromsning. Det är uppenbart att fordonen bör utvecklas för att minimera hårda inbromsningar och verka för en god säkerhet såväl externt som internt i fordonet.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt		
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	Den kunskap som erhållits kommer att användas för att ytterligare utveckla säkerhetsförarnas uppgift och arbetsplats.
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut	x	I de riskanalyser som sker i samband med tillstånd för verksamhet med självkörande fordon hänvisas ofta till förarens övertagande i händelse av problem. Fram till nu har det inte varit säkert om detta är en rimlig åtgärd. Det stora problemet med bussarna är att de bromsar för ofta, och i det sammanhanget fungerar förar/buss-kombinationen uppenbarligen bra, men vad skulle hända om det inträffade ett oväntat fel på bussen, t ex att den inte stannar i en situation då den brukar göra det. Skulle föraren hinna gripa in? Svaret på den frågan är att det nog inte alltid går att säga att det går att uppfylla för alla förare. Om vi vill bidra till en minskad bromskänslighet för bussarna är det samtidigt viktigt att inte lägga ett ytterligare ansvar för ingripande på föraren. Det bör säkerställas att säkerhetsföraren har minst lika goda möjligheter att ingripa som om de körde en vanlig buss.

8.2 Publikationer

Förutom denna rapport kommer en vetenskaplig artikel att författas.

9 Slutsatser och fortsatt forskning

Slutsatsen är att förarna inte uppvisar en minskad vakenhet eller uppmärksamhet under ett arbetspass. En förare visade tecken på sömnhet. Ett resultat som inte förvånar då det ofta finns individuella skillnader. Studien visar att förare inte har uppmärksamheten där man förväntas ha den. Framför allt är uppmärksamheten bakåt, men även till höger och vänster lägre än förväntat. Om det påverkar förmågan att ingripa vid behov går inte att avgöra. Det kan dock noteras att oförutsägbara inbromsningar bidrar till att förarnas uppmärksamhet i den buss där en skärm visar vad som detekteras riktas mot denna, med konsekvensen en lägre uppmärksamhet mot mer relevanta områden.

Fortsatt forskning bör inriktas mot att minska antalet oförutsägbara inbromsningar för att möjliggöra uppmärksamhet där den bör vara. Vidare bör säkerhetsförare, precis som förare av buss i allmänhet, erhålla utbildning och förutsättningar för att vara väl förberedda inför arbetspass. Forskning kring vad som krävs och hur man på bästa sätt bidrar till detta är viktigt, här ingår även hur scheman förläggs där även pendlingsstider och förarens hemförhållanden (små barn etc.) bör beaktas.

10 Deltagande parter och kontaktpersoner

VTI: Anna Anund, My Weidel, Clara Berlin och Christer Ahlström

Transdev: Hugo Hardestam, samt de åtta verksamma säkerhetsförarna vid Transdev och Transdevs teamleader Hugo Hardestam.

11 Referenser

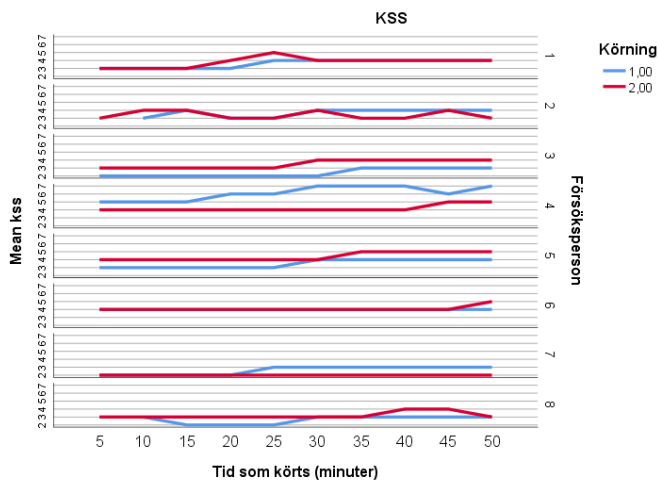
- Afonso, V., Tompkins, W., Nguyen, T., & Luo, S. (1999). ECG beat detection using filter banks. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 46(2), 192--202.
- Anund, A., Fors, C., Ihlström, J., & Kecklund, G. (2018). An on-road study of sleepiness in split shifts among city bus drivers. *Accid Anal Prev*, 114, 71-76.
- Anund, A., Ihlström, J., Fors, C., Kecklund, G., & Filtness, A. (2016). Factors associated with self-reported driver sleepiness and incidents in city bus drivers. *INDUSTRIAL HEALTH*, 54, 1-10.
- Anund, A., Ihlström, J., Kecklund, G., Fors, C., & Filtness, A. (2017). Factors associated with self-reported driver sleepiness and incidents in city bus drivers. *INDUSTRIAL HEALTH*, 54, 1-10.
- Filtness, A., Anund, A., Maynard, S., Miller, K., Pilkington-Cheney, F., Dahlman-Sjörs, A., & Ihlström, J. (2019). *Bus Driver Fatigue - Final Report* (Final). Retrieved from Loughborough: <http://content.tfl.gov.uk/bus-driver-fatigue-report.pdf>
- Gander, P., Hartley, L., Powell, D., Cabon, P., Hitchcock, E., Mills, A., & Popkin, S. (2011). Fatigue risk management: Organizational factors at the regulatory and industry/company level. *Accid Anal Prev*, 43(2), 573-590. doi:10.1016/j.aap.2009.11.007
- James, B., Sharabaty, H., & Esteve, D. (2008). A first step toward automatic drowsiness scoring during wake-sleep transitions. *Somnologie*, 12, 227-232.
- Karlsson, M., Hörnsten, R., Rydberg, A., & Wiklund, U. (2012). Automatic filtering of outliers in RR intervals before analysis of heart rate variability in Holter recordings: a comparison with carefully edited data. *BioMed Eng OnLine*, 11(2). doi:<https://doi.org/10.1186/1475-925X-11-2>
- Kim, H. K., & Kim, S. H. (2016). Understanding emotional bond between the creator and the avatar: Change in behavioral intentions to engage in alcohol-related traffic risk behaviors. *Computers in Human Behavior*, 62, 186-200. doi:10.1016/j.chb.2016.03.092
- Kircher, K., & Ahlström, C. (2017). Minimum required attention: a human-centered approach to driver inattention. *Human factors*, 59(3), 471-484.
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research—recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in psychology*, 8(213). doi:<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Makowiec-Dabrowska, T., Bortkiewicz, A., Siedlecka, J., & Gadzicka, E. (2011). [Effect of fatigue on the fitness to drive]. *Med Pr*, 62(3), 281-290.
- May, J. F., & Baldwin, C. L. (2009). Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 12(3), 218-224. doi:10.1016/j.trf.2008.11.005
- Ross, P., Kecklund, G., Anund, A., & Sallinen, M. (2017). Fatigue in transport: a review of exposure, risks, checks and controls. *Journal of Transport Reviews*. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2017.1349844>
- Tse, J. L. M., Flin, R., & Mearns, K. (2006). Bus driver well-being review: 50 years of research. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 9(2), 89-114. doi:10.1016/j.trf.2005.10.002
- Van Dongen, H., Vitellaro, K., & Dinges, D. (2005). Individual differences in adult human sleep and wakefulness: Leitmotif for a research agenda. *SLEEP*, 28(4), 479-496.
- Williamson, A., Lombardi, D. A., Folkard, S., Stutts, J., Courtney, T. K., & Connor, J. L. (2011). The link between fatigue and safety. *ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION*, 43(2), 498-515. doi:10.1016/j.aap.2009.11.011
- Wolfe, B., Sawyer, B., & Rosenholtz, R. (2020). Toward a Theory of Visual Information Acquisition in Driving. *Human factors*. doi:10.1177/0018720820939693

Young, M., & Stanton, N. (2002). Attention and automation: New perspectives on mental underload and performance. . *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 178-194.
doi:10.1080/14639220210123789

Åkerstedt, T., & Gillberg, M. (1990). Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int J Neurosci*, 52, 29 - 37.

12 Bilaga 1

KSS



Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KSS

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1994,741	1	1994,741	132,002	,000
	Error	105,787	7,000	15,111 ^a		
Körning	Hypothesis	,021	1	,021	,005	,948
	Error	31,953	7,001	4,564 ^b		
Time_group	Hypothesis	15,029	9	1,670	11,167	,000
	Error	18,543	124	,150 ^c		
FP	Hypothesis	106,115	7	15,159	3,311	,068
	Error	32,045	7	4,578 ^d		
Körning * Time_group	Hypothesis	2,165	9	,241	1,609	,120
	Error	18,543	124	,150 ^c		
Körning * FP	Hypothesis	32,045	7	4,578	30,614	,000
	Error	18,543	124	,150 ^c		

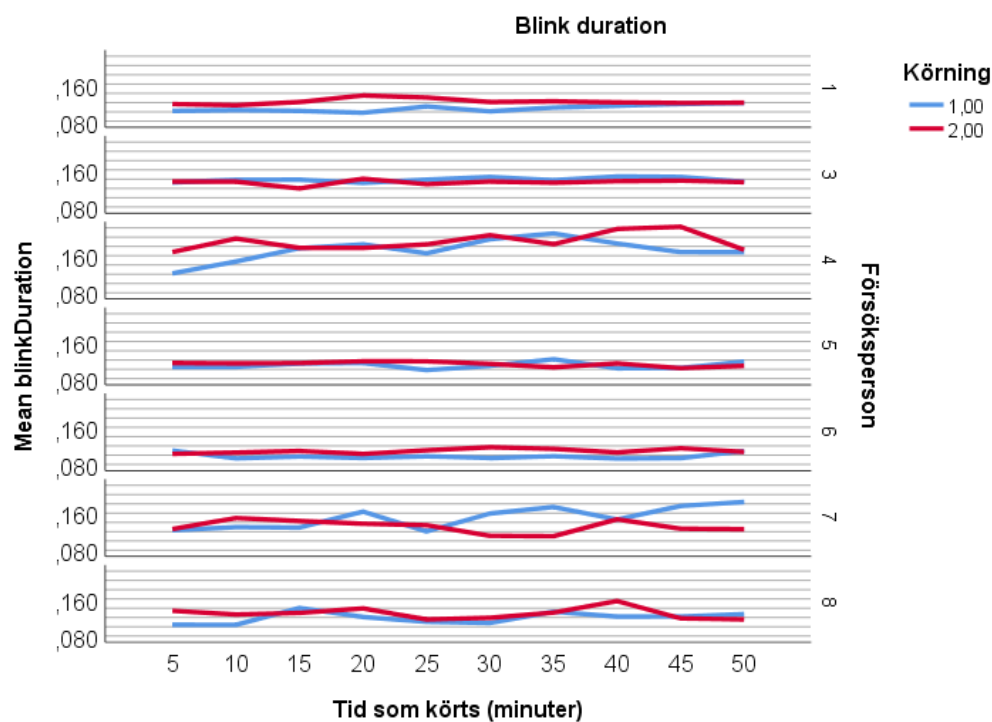
a. ,997 MS(FP) + ,003 MS(Error)

b. ,997 MS(Körning * FP) + ,003 MS(Error)

c. MS(Error)

d. MS(Körning * FP)

Blinkduration



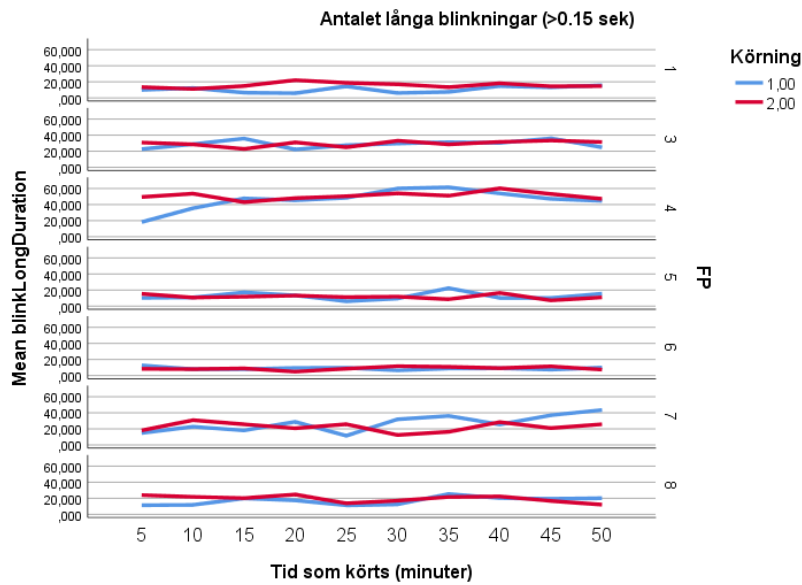
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: blinkDuration

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2,366	1	2,366	171,047	,000
	Error	,083	6	,014 ^a		
Körning	Hypothesis	,001	1	,001	,787	,409
	Error	,005	6	,001 ^b		
Time_group	Hypothesis	,003	9	,000	2,036	,042
	Error	,015	108	,000 ^c		
FP	Hypothesis	,083	6	,014	15,960	,002
	Error	,005	6	,001 ^b		
Körning * Time_group	Hypothesis	,003	9	,000	2,395	,016
	Error	,015	108	,000 ^c		
Körning * FP	Hypothesis	,005	6	,001	6,138	,000
	Error	,015	108	,000 ^c		

- a. MS(FP)
- b. MS(Körning * FP)
- c. MS(Error)

Långa blinkningar



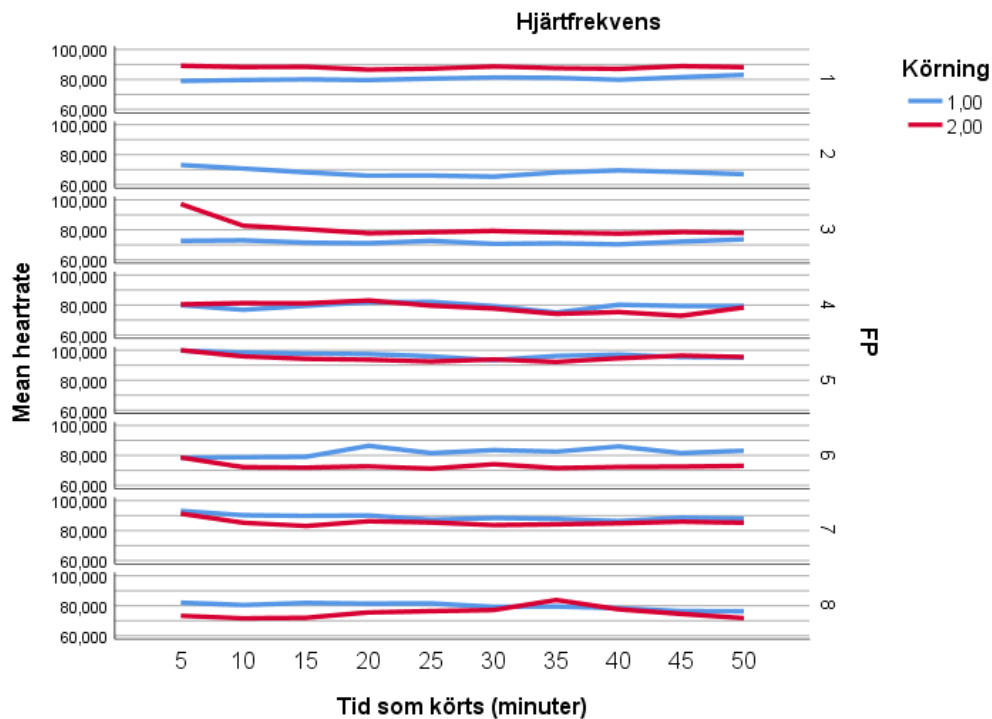
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: blinkLongDuration

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	68625,920	1	68625,920	18,231	,005
	Error	22585,646	6	3764,274 ^a		
Körning	Hypothesis	44,698	1	44,698	,782	,411
	Error	342,883	6	57,147 ^b		
Time_group	Hypothesis	497,037	9	55,226	1,969	,050
	Error	3028,922	108	28,046 ^c		
FP	Hypothesis	22585,646	6	3764,274	65,870	,000
	Error	342,883	6	57,147 ^b		
Körning * Time_group	Hypothesis	601,276	9	66,808	2,382	,017
	Error	3028,922	108	28,046 ^c		
Körning * FP	Hypothesis	342,883	6	57,147	2,038	,067
	Error	3028,922	108	28,046 ^c		

- a. MS(FP)
- b. MS(Körning * FP)
- c. MS(Error)

Hjärtfrekvens



Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: heartrate

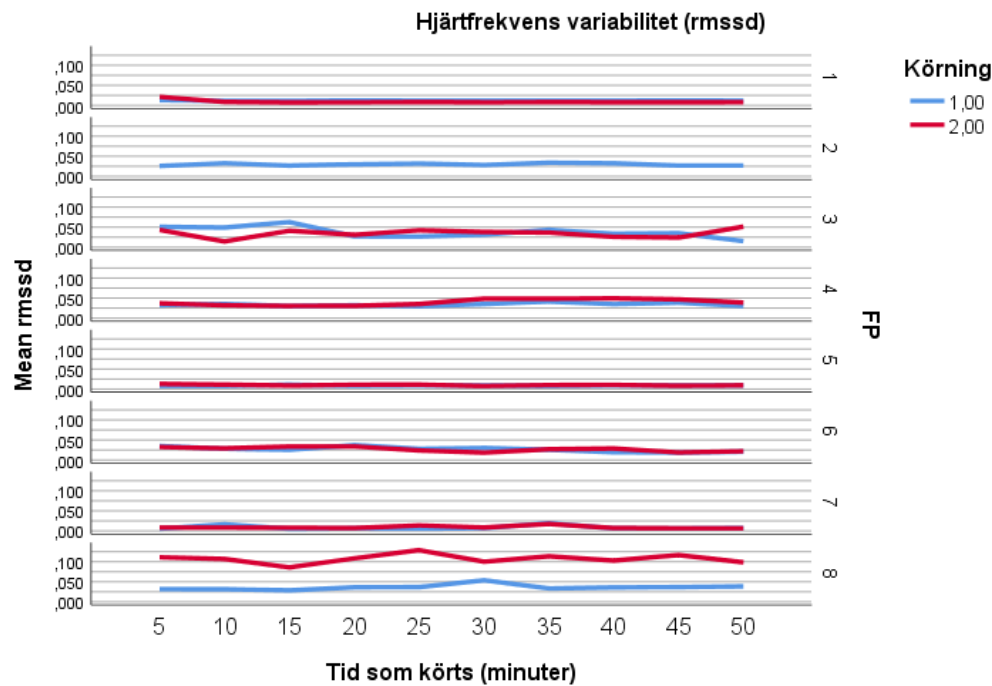
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	968816,821	1	968816,821	861,305	,000
	Error	7876,867	7,003	1124,825 ^a		
Körning	Hypothesis	7,553	1	7,553	,036	,855
	Error	1253,884	6	208,981 ^b		
Time_group	Hypothesis	174,581	9	19,398	3,010	,003
	Error	753,933	117	6,444 ^c		
FP	Hypothesis	7880,560	7	1125,794	5,387	,029
	Error	1253,884	6	208,981 ^b		
Körning * Time_group	Hypothesis	60,562	9	6,729	1,044	,409
	Error	753,933	117	6,444 ^c		
Körning * FP	Hypothesis	1253,884	6	208,981	32,431	,000
	Error	753,933	117	6,444 ^c		

a. ,999 MS(FP) + ,001 MS(Körning * FP)

b. MS(Körning * FP)

c. MS(Error)

Hjärtfrekvensvariabilitet



Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: RMSSD

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	,125	1	,125	14,161	,007
	Error	,062	7,006	,009 ^a		
Körning	Hypothesis	,004	1	,004	1,058	,343
	Error	,022	6	,004 ^b		
Time_group	Hypothesis	,000	9	4,704E-5	,983	,458
	Error	,006	117	4,783E-5 ^c		
FP	Hypothesis	,062	7	,009	2,452	,147
	Error	,022	6	,004 ^b		
Körning * Time_group	Hypothesis	,000	9	4,924E-5	1,029	,421
	Error	,006	117	4,783E-5 ^c		
Körning * FP	Hypothesis	,022	6	,004	75,306	,000
	Error	,006	117	4,783E-5 ^c		

a. ,999 MS(FP) + ,001 MS(Körning * FP)

b. MS(Körning * FP)

c. MS(Error)